

obligées de les constituer avec des Bambous à entre-nœuds plus courts, en perçant le nœud intermédiaire.

---

*SUR LES MINÉRAUX ASSOCIÉS À L'ÉMERAUDE  
DANS LE GISEMENT DE MUSO (NOUVELLE-GRENADE),*

PAR M. H. HUBERT.

(LABORATOIRE DE M. LE PROFESSEUR A. LACROIX.)

De tous les gisements d'émeraude actuellement exploités, le plus célèbre est celui de Muso (Nouvelle-Grenade) : on sait que c'est là que se rencontrent les cristaux les plus estimés en joaillerie. Ce gisement est très intéressant, tant à cause de sa constitution même que par les minéraux qu'on y trouve associés à l'émeraude. Parmi ceux-ci, on avait déjà signalé la calcite, le quartz, la pyrite, la dolomite, la parisite, l'allophane, la fluorine, le gypse, l'anhracite et la pyrophyllite. A cette liste déjà longue, il faut encore ajouter l'albite.

Je me propose d'étudier dans cette note ceux des minéraux associés à l'émeraude qui n'ont pas encore été décrits. En même temps, je résumerai les travaux antérieurs relatifs au gisement de Muso, afin de donner un aperçu général de la question.

Au milieu d'un calcaire bitumineux, riche en fossiles, et de schistes noirs appartenant au terrain néocomien, on rencontre des veines constituées par des éléments entièrement cristallisés. Tantôt ceux-ci sont à grain fin et forment une véritable roche (calcaire à émeraude); tantôt, au contraire, ils sont en gros cristaux et tapissent seulement les parois de la fissure : c'est dans ces conditions que se trouvent les émeraudes qui font l'objet de l'exploitation de ce gisement.

Je m'occuperai successivement du calcaire à émeraude et des minéraux individualisés qui forment des géodes.

CALCAIRE À ÉMERAUDE.

La masse de la roche est constituée par de la calcite, au milieu de laquelle on voit, à l'œil nu, de petits cristaux de pyrite, très abondants, et, plus rarement, de la dolomite et de la parisite en éléments assez volumineux.

L'examen microscopique révèle en outre du quartz, de l'albite, de l'émeraude et, accessoirement, du rutile et de la limonite.

La calcite, xénomorphe, se présente en petits grains. Les autres minéraux, généralement automorphes, sont peu abondants; nous les étudierons lorsque nous les considérerons dans les géodes où ils sont plus développés. L'albite, cependant, mérite une mention spéciale. Lorsqu'on fait dissoudre le calcaire dans l'acide chlorhydrique, on la trouve sous forme de petits cristaux blanc s'atteignant pas 3 millimètres dans leur plus grande dimen-

sion, avec une face d'aplatissement très développée ayant souvent l'aspect d'un losange. Ce feldspath est généralement limité par des faces peu nettes, ce qui rend les mesures goniométriques difficiles. Néanmoins j'ai pu reconnaître avec précision les faces  $p(001)$   $m(1\bar{1}0)$   $t(110)$   $a^1(\bar{1}01)$   $a^{1/2}(\bar{2}01)$  et  $g^1(010)$  : cette dernière étant la face d'aplatissement.

Ces cristaux possèdent deux clivages distincts parallèles aux faces  $p(001)$  et  $m(1\bar{1}0)$ . Ils sont régulièrement maclés suivant la loi de l'albite; mais je n'y ai pas rencontré la macle du Roc Tourné, qu'on trouve généralement dans les gisements analogues.

L'existence de ce feldspath offre un certain intérêt. En effet, il y a lieu de remarquer que les formes cristallines qu'il présente sont celles qu'il affecte au milieu des calcaires, soit lorsque ceux-ci se trouvent métamorphisés indépendamment de toute roche éruptive, comme dans certains gisements des Alpes; soit, au contraire, lorsqu'ils ont été modifiés, comme dans les Pyrénées, au contact de la lherzolite ou des ophites. Enfin, ces formes sont encore celles de l'albite qu'on rencontre dans des filons métallifères, comme ceux d'Anglas (Basses-Pyrénées), décrits par mon savant maître, M. A. Lacroix<sup>(1)</sup>.

Il est remarquable de voir que les minéraux de Muso ne sont pas venus se développer par imbibition dans les calcaires, mais que l'action de minéralisation a été localisée uniquement dans les fissures des roches sédimentaires, formant ainsi de véritables filons endigués.

Parmi les éléments accessoires du calcaire à émeraude, je signalerai le rutile, en fines baguettes au milieu de la calcite, et la limonite. Celle-ci, qui provient de la décomposition de la pyrite, forme de très petites plages intercalées dans les plans de clivage de la calcite.

#### MINÉRAUX DES GÉODES.

*Émeraude.* — L'émeraude de Muso est remarquable par sa belle couleur et sa transparence qui restent homogènes même dans les plus gros cristaux. Ceux-ci peuvent atteindre plusieurs centimètres : on en connaît un ayant 6 centimètres de longueur.

Ce minéral a tout d'abord été étudié par Des Cloizeaux<sup>(2)</sup> qui y a reconnu les combinaisons de formes suivantes :

$m(10\bar{1}0)h^2(21\bar{3}0)h^1(11\bar{2}0)p(0001)a^1(11\bar{2}1)b^1(10\bar{1}1)b^{1/2}(20\bar{2}1)$ ;  
 $m(10\bar{1}0)p(0001)a^1(11\bar{2}1)b^1(10\bar{1}1)b^{1/2}(20\bar{2}1)v(21\bar{3}1)$  avec  $v = b^1b^{1/2}h^1 = a_2$ ;

$m(10\bar{1}0)p(0001)a^1(11\bar{2}1)b^1(10\bar{1}1)v(21\bar{3}1)z(42\bar{6}3)$  avec  $z = b^{1/2}b^{1/4}h^{1/3}$ ;

$m(10\bar{1}0)p(0001)a^1(11\bar{2}1)x(9.7.\bar{1}6.8)$  avec  $x = b^{1/7}b^{1/9}h^{1/9} = a_{7/9}$ .

(1) A. LACROIX, *Minéralogie de la France*, II, p. 157.

(2) DES CLOIZEAUX, *Manuel de Minéralogie*, I, p. 365.

M. Vrba<sup>(1)</sup> a depuis effectué de nouvelles mesures sur les cristaux de Muso. Il a signalé de nouvelles combinaisons :

$p(0001) m(10\bar{1}0) b^1(10\bar{1}1) b^{1/2}(20\bar{2}1) a^1(11\bar{2}1) b^2(10\bar{1}2) b^{2/3}(30\bar{3}2)$   
 $b^{1/3}(30\bar{3}1) a^3(11\bar{2}3) a^{1/3}(3\bar{3}\bar{6}1) a_5(51\bar{6}5)$ ;

$m(10\bar{1}0) h^1(11\bar{2}0) p(0001) b^1(10\bar{1}1) b^{2/3}(30\bar{3}2) b^{1/2}(20\bar{2}1) a^1(11\bar{2}1)$   
 $z(42\bar{6}3) a_2(21\bar{3}1) b^{1/3}(40\bar{4}1) b^{12}(12.0.\bar{1}2.1) \Delta(21\bar{3}3) \Sigma(16.8.\bar{2}4.1)$ .

*Calcite.* — La calcite est l'élément le plus abondant des géodes. Ses cristaux, d'un blanc de neige, ont des faces remarquablement courbes et striées, celles-ci pouvant s'étendre dans une même zone sur un parcours de 80 degrés. Les formes se rapprochent beaucoup de celles observées sur la calcite de Rödefford (spath d'Islande).

Les cristaux que j'ai observés se rapportent à deux types :

1° Formes de la zone  $p(10\bar{1}1)^{(2)}(100)^{(3)}b^1(01\bar{1}2)(110)d^1(11\bar{2}0)(10\bar{1})$ ;

2° Combinaison des formes précédentes avec le prisme  $e^2(10\bar{1}0)(112)$ .

Dans le premier type, j'ai reconnu les faces :

$p(10\bar{1}1)(100) b^1(01\bar{1}2)(110) b^2(11\bar{2}3)(210) b^{5/3}(14\bar{5}9)(540)$   
 $b^{11/3}(7.14.\bar{1}1.15)(11.4.0) b^3(21\bar{3}4)(310) b^4(31\bar{4}5)(410) b^5(41\bar{5}6)(510)$   
 $b^6(51\bar{6}7)(610) b^7(61\bar{7}8)(710) b^8(8.1.\bar{9}.10)(910) d^1(11\bar{2}0)(10\bar{1})$   
 $d^{3/2}(32\bar{5}1)(30\bar{2}) d^2(21\bar{3}1)(201) d^{5/2}(52\bar{7}3)(50\bar{2}) d^6(61\bar{7}5)(60\bar{1})$   
 $d^7(71\bar{8}6)(701)$  avec des faces courbes pouvant s'étendre, par exemple, de  $b^9(8.1.\bar{9}.10)(910)$  à  $d^{19/3}(19.13.\bar{3}2.6)(19.0.\bar{1}3)$  en passant par  $b^1(01\bar{1}2)(110)p(10\bar{1}1)(100)$  et  $d^2(21\bar{3}1)(201)$ .

Dans le second type, j'ai rencontré les faces  $pb^1 b^{3/2}(12\bar{3}5)(320)$   
 $b^3$  à  $b^7 b^8 d^{5/3}(53\bar{8}2)(50\bar{3}) d^2 d^{11/2}(17.2.\bar{1}9.15)(17.0.\bar{2}) d^7$  et  $e^2(10\bar{1}0)(21\bar{1})$ .

Les faces en zone avec  $p$  sont généralement striées de part et d'autre de cette face parallèlement à leur axe de zone. Dans le second type, les faces  $d^2$ , plus développées sont très courbes mais brillantes.

*Quartz.* — Le quartz, peu abondant au milieu du calcaire à émeraude, est, au contraire, largement représenté dans les géodes : la collection du Muséum possède notamment un cristal ayant 7 centimètres de longueur.

Ce minéral est remarquable par sa limpidité, bien qu'exceptionnelle-ment on y trouve des zones où les inclusions lui donnent une couleur laiteuse. Il possède souvent des faces intéressantes. L'un des cristaux étudiés

(1) C. VRBA, Smaragd von Santa-Fé de Bogota (*Zeitschrift für Krist.*, 5, p. 430).

(2) Notation de Bravais.

(3) Notation de Miller.

présente d'abord cette particularité d'avoir ses faces  $p(10\bar{1}1)^{(1)}(100)^{(2)}$  striées parallèlement à l'arête  $pe^2(10\bar{1}1)(10\bar{1}0)(100)(2\bar{1}1)$ , alors que les faces  $e^{1/2}(01\bar{1}1)(2\bar{1}1)$  sont lisses. Il possède en outre l'isocéloèdre  $s(11\bar{2}1)(41\bar{2}) = d^{1/3}b^1b^{1/3}$ , la face plagièdre  $x(51\bar{6}1)(4\bar{1}2) = b^{1/3}d^1d^{1/3}$  et une face courbe dont la mesure exacte ne peut être faite, mais qui est très voisine de

$$v_2(17.1.\bar{1}8.1)(12.\bar{5}.\bar{6}) = b^{1/3}d^{1/3}d^{1/6}.$$

Les rhomboèdres directs et inverses sont également nombreux. Parmi les premiers, on a  $e^3(40\bar{4}1)(3\bar{1}1)e^{11/4}(50\bar{5}1)(11.\bar{4}.\bar{4})e^{8/3}(11.0.\bar{1}1.2)(8\bar{3}\bar{3})$ ; parmi les seconds,  $e^{19/11}(0.10.\bar{1}0.1)(11.11.\bar{1}9).e^{7/4}(0.11.\bar{1}1.1)(447)$ . La mesure de ces dernières faces est rendue d'autant plus difficile que les zones  $pe^2, e^{1/2}e^2$ , striées parallèlement à leur axe, sont souvent formées par une succession ininterrompue de rhomboèdres ne permettant plus de mesures précises.

On trouve enfin une face courbe, en zone avec  $x$  et  $e^{8/3}$ , qui correspondrait à un hémiscalénoèdre. Cette face, située entre  $x$  et  $e^{8/3}$ , fait avec  $e^{8/3}$  un angle d'environ  $175^\circ$  et avec  $x$  un angle de  $176^\circ 29'$ .

On voit encore sur le gros échantillon auquel je fais allusion ci-dessus, un grand nombre de faces en escalier déterminées par des rhomboèdres directs et inverses. Malheureusement, les dimensions mêmes du cristal ne permettent la mesure goniométrique que d'un petit nombre de ces faces :  $e^{31/15}(46.0.\bar{4}6.1)(31.\bar{1}5.\bar{1}5)e^{8/3}(11.0.\bar{1}1.2)(8\bar{3}\bar{3})$ ;  $e^{5/7}(0.12.\bar{1}2.9)(77\bar{5})$ ;  $e^{14/15}(0.29.\bar{2}9.16)(15.15.\bar{1}4)$ ;  $e^{5/4}(0\bar{3}\bar{3}1)(44\bar{5})$ ;  $e^{11/6}(0.\bar{1}7.17.1)(6.6.11)$ .

Dans certains cristaux, on assiste à la disparition presque totale des faces du prisme au profit d'une série de rhomboèdres directs ou inverses. Parmi les faces particulières à ce type et mesurables avec certitude, je signalerai les rhomboèdres inverses  $e^{5/4}(0\bar{3}\bar{3}1)(44\bar{5})$  et  $e^{11/9}(0.20.\bar{2}0.7)(9.9.\bar{1}1)$ .

*Pyrite.* — La pyrite est également très développée dans le gisement de Muso. Elle est très brillante et présente des faces très nettes.

Ses cristaux ont parfois plus d'un centimètre de diamètre, mais les plus volumineux n'offrent pas d'intérêt au point de vue de la forme; d'ailleurs, ils sont généralement brisés. Au contraire, j'en ai mesuré un certain nombre dont la plus grande dimension ne dépassait pas 3 millimètres.

M. Cesàro<sup>(3)</sup> avait déjà reconnu dans ces cristaux les faces  $a^1(111)a^2(211)a^{1/2}(221)b^2(210)$  et  $s(321)$ . Certains des individus que j'ai

(1) Notation de Bravais.

(2) Notation de Miller.

(3) CESÀRO, *Ann. Soc. géol. Belg.*, 24, LXXX. HINTZE, *Handbuch von Mineralogie*, 1, 5, p. 762. GROTH, *Zeitschrift für Krist.*, 32, p. 605.

observés présentent une plus grande richesse de formes. Je les diviserai en trois types.

*Type I.* — Dans ce premier type, qui est de beaucoup le plus répandu, les faces de l'octaèdre  $a^1(111)$  sont très développées. La face  $p(100)$  se rencontre sur tous les cristaux, mais elle est toujours très petite. Les autres faces, généralement groupées autour de  $p$ , sont :

$$a^{1/2}(221) a^2(211) 1/2 b^2[\pi(210)] 1/2 s[\pi(321)] = 1/2 (b^1 b^{1/2} b^{1/3}).$$

En outre, on trouve beaucoup plus rarement le trapézoèdre  $a^5(511)$  et l'hémihexoctaèdre  $1/2 t[\pi(421)] = 1/2 (b^1 b^{1/2} b^{1/3})$ .

Enfin j'ai rencontré sur un cristal une succession de faces en escalier appartenant à des hémihexatétraèdres de la zone  $pb^1$  et répondant aux symboles :

$$1/2 b^{1/3}[\pi(730)] 1/2 b^3[\pi(310)] 1/2 b^5[\pi(510)]$$

et une face comprise entre  $b^5$  et  $b^{10}(40.1.0)$ , faisant avec  $p$  un angle de  $175^\circ 51'$  et dont le symbole, déterminé par le calcul, correspondrait à

$$1/2 b^{14}[\pi(14.1.0)] : \text{l'angle calculé de } pb^{14} \text{ étant de } 175^\circ 55'.$$

Tous les cristaux du type octaédrique ont un aspect très dissymétrique, grâce au développement très inégal des faces : ainsi,  $p$  manque à certains pointements et, dans un même cristal, on a une face  $1/2 b^2$  plus développée que celles de l'octaèdre, alors que les autres sont microscopiques.

*Type II.* — Je n'ai trouvé que quelques spécimens du type II. Leur caractéristique est d'avoir  $p(100)$  dominant. Cette face est toujours profondément striée parallèlement aux arêtes du dodécaèdre pentagonal. Les autres faces, très réduites, sont :

$$a^1(111) a^{1/2}(221) a^2(211) 1/2 b^2[\pi(210)] 1/2 s[\pi(321)] 1/2 t[\pi(421)].$$

*Type III.* — Ce type est rare dans le gisement de Muso. La forme dominante est le dodécaèdre pentagonal  $1/2 b^2[\pi(210)]$  associé aux faces  $a^1(111) a^{1/2}(221) a^2(211)$  et  $p(100)$ .

Tous ces cristaux de pyrite, nous l'avons dit, sont très petits. Aussi, pour mesurer l'angle des faces trop peu développées pour donner une image au goniomètre, j'ai adopté le dispositif suivant, dont je n'ai trouvé nulle part la description. Il consiste à associer au goniomètre un microscope mobile parallèlement à son axe, grâce à un chariot sur lequel il est fixé et qui peut se déplacer suivant deux directions rectangulaires. Le cristal étant convenablement centré, les angles des faces sont mesurés en utilisant les images réfléchies successives d'une source lumineuse placée à l'infini, comme pour le goniomètre de Mallard; seulement, au lieu d'observer ces images directement, on considère celles que forme l'objectif sur l'oculaire, et on les regarde avec une lentille à très court foyer. On fait coïncider ces images non plus avec celle donnée par une surface réfléchissante, mais avec la croisée des fils du réticule.

*Parisite*. — Ce minéral a été étudié par Des Cloizeaux <sup>(1)</sup> et M. Vrba <sup>(2)</sup>. Des Cloizeaux en a signalé toutes les combinaisons observées. Ce sont :  $p(0001) b^{1/2} (20\bar{2}1)$ ;  $pa^1 (11\bar{2}1) b^{1/2}$ ;  $m(10\bar{1}0) pb^{3/2} (20\bar{2}3) b^{1/2}$ ;  $mpa^1 b^{3/2} b^{1/2}$ ;  $pa^2 (11\bar{2}2) a^1 b^{1/2} x(6395) = d^{1/2} d^{1/3} b^{1/5}$ ;  $pa^3 (11\bar{2}8) a^1 b^2 (10\bar{1}2) b^1 (10\bar{1}1) b^{1/2}$ ;  $pa^4 (11\bar{2}4) a^2 a^{3/2} (22\bar{4}3) b^2 b^{1/2}$ ;  $pa^4 a^3 (11\bar{2}3) a^{3/2} a^1 b^1 b^{1/2}$ . Cet auteur signale la base  $p$  comme étant ordinairement courbe, les faces de la zone  $pb^1$ , larges et cannelées horizontalement, celles de la zone  $pa^1$ , étroites et striées horizontalement.

*Autres minéraux*. — La *dolomite* se présente en petits rhomboèdres primitifs  $p(10\bar{1}1)$  <sup>(3)</sup>  $(100)$  <sup>(4)</sup> tantôt blancs, tantôt d'un gris noirâtre. Ils ne sont pas toujours limités par des faces nettes.

L'*anthracite* a été signalée dans le calcaire de Muso par Jeannetaz <sup>(5)</sup> et Damour <sup>(6)</sup>. Quant au *gypse* et à la *fluorine*, ils ont été rencontrés : le premier par Max Bauer <sup>(7)</sup>, la seconde par Des Cloizeaux <sup>(8)</sup>. On sait enfin que l'*allopmane* existe également à Muso. La collection du Muséum en renferme plusieurs échantillons transparents d'un très joli vert bleuâtre.

En groupant ainsi les connaissances actuelles sur les minéraux de Muso, nous nous sommes simplement attaché à en faire ressortir les propriétés cristallographiques, car il y a toujours intérêt à préciser les formes que présentent les minéraux dans des conditions bien déterminées, d'autant plus que ces formes sont, dans certains cas, caractéristiques des gisements où on les rencontre.

Au moment de la mise en pages de cette note, M. Albertini a eu l'extrême obligeance de me communiquer un certain nombre de renseignements que je suis heureux de pouvoir signaler ici.

La position topographique du gisement de Muso est la suivante : sur un plateau dominant le confluent du Rio Minero et d'une rivière aujourd'hui desséchée, se trouvent les bâtiments de la mine (administration, logements des ouvriers, etc.). Ce plateau et les hauteurs opposées surplombant la vallée sont sillonnés de filons à émeraude dont on aperçoit les affleurements à flanc de coteau. Les schistes et les calcaires noirs qui les contiennent présentent des plis et des dislocations remarquables; ils sont recouverts superficiellement par une couche de sables pléistocènes.

(1) DES CLOIZEAUX, *Manuel de minéralogie*, II, p. 163.

(2) VRBA, Parisit von Neugrada (*Zeitschrift für Krist.*, 15, p. 210).

(3) Notation de Bravais.

(4) Notation de Miller.

(5) JANNETAZ, *Bull. Soc. min.*, année 1892, p. 131.

(6) DAMOUR, *Bull. Soc. min.*, année 1897, p. 183.

(7) MAX BAUER, *Edelsteinkunde*, p. 357.

(8) DES CLOIZEAUX, *Manuel de minéralogie*, II, p. 164.

Lorsqu'on est à Las Cases, c'est-à-dire aux bâtiments qui sont sur le plateau; on voit, après les pluies, que des filons situés au Nord de la vallée du Rio Minero il se dégage de la vapeur d'eau. Ce phénomène se reproduit un peu plus à l'ouest au milieu des mêmes formations schisteuses, mais d'une façon presque continue.

L'examen de ces derniers schistes m'a permis d'y constater la présence de petites veines de calcite semblables à celles des filons à émeraude, mais stériles, et surtout de minces couches de pyrophyllite, très étendues et pouvant atteindre  $1/2$  centimètre d'épaisseur.

D'autre part, la vapeur qui se dégage actuellement imprègne les schistes d'une sorte d'enduit rouge constitué par de l'hématite et dépose fréquemment de petits cristaux de gypse. Ceux-ci atteignent au plus 2 millimètres de longueur; ils ont des formes géométriques très nettes avec, comme faces dominantes :  $g^1$  (010)  $m$  (110) et  $a_3$  ( $\bar{2}11$ ).

En ce qui concerne la formation du sulfate de chaux, que je n'ai rencontré que dans ces schistes, elle s'explique par l'action successive de la vapeur d'eau sur la pyrite et la calcite de ces terrains, déterminant ainsi la réduction de la pyrite en hématite, puis la transformation du carbonate de chaux en sulfate de chaux.

Bien qu'il ne soit pas toujours visible dans ces schistes rouges, le sulfate de chaux y est très abondant, comme on peut s'en rendre compte en les épousant par l'eau. On trouve également des chlorures dans les eaux de lessivage: leur présence indique bien une origine profonde des eaux thermales.

La pyrophyllite est plus répandue dans les schistes rouges que dans le calcaire à émeraude, où Damour<sup>(1)</sup> l'a signalée. Une des particularités de ce calcaire est d'exister souvent en minces filonnets dont la pyrophyllite constitue les salbandes; cette disposition se rencontre notamment dans la *peña cambiada* (roche changée) qui forme les parties pauvres des filons.

La pyrophyllite de Muso est remarquable par sa couleur verte, identique à celle de l'émeraude.

L'exploitation des filons de Muso se fait aujourd'hui par abattage à ciel ouvert, comme au temps où les Indiens la dirigeaient. Les Espagnols avaient cependant construit, depuis, des galeries profondes, mais celles-ci ont été abandonnées depuis leur départ du pays.

Bien que l'extraction des émeraudes à Muso soit antérieure à l'époque de la conquête espagnole, ce gisement est encore aujourd'hui en pleine exploitation. Le rendement trimestriel connu est extrêmement variable; il peut atteindre facilement 150,000 à 200,000 carats; dans le seul mois de janvier 1902, on a extrait 110,000 carats. Il convient de faire remarquer en indiquant ces chiffres que beaucoup de filons ne sont pas exploités et, d'autre part, que les pertes par détournement sont énormes.

(1) DAMOUR, *loc. cit.*